Faut-il encore enseigner les sciences[1] ?

André Giordan et Francine Pellaud
LDES, Université de Genève

Résumé
Déplétion de l'ozone stratosphérique, prion de l'encéphalopathie spongiforme bovine, réchauffement climatique dû à l'effet de serre, de l'air et des sols, rétrovirus du sida, désertification, explosion démographique, exode rural, etc.
Les problèmes planétaires auxquels l'humanité est confrontée ont tous, d'une manière ou d'une autre, des aspects scientifiques ou technologiques –parmi lesquels la chimie tient une place considérable- qui interfèrent avec d'autres domaines tels que l'économie, l'écologie et le développement social. Pourtant, les cours de science continuent de divulguer un savoir disciplinaire dogmatique et figé, voire obsolète.

Introduction

Faut-il encore enseigner les sciences ? L'aspect provocateur du titre a pour objectif premier de nous interpeller sur la manière dont l'enseignement scientifique est actuellement dispensé. En effet, ce dernier, axé principalement sur une transmission de connaissances figées ne peut faire l'économie d'une profonde remise en question. Car les sciences font partie intégrantes de notre quotidien et, à ce titre, l'éducation scientifique tient une place fondamentale dans le débat visant un développement humain harmonieux. Mais attention, pas n'importe quelles sciences, ni n'importe quel enseignement ! Il convient donc de se poser quelques questions préalables.

- Tout d'abord, il faut oser se poser la question du « pourquoi un enseignement scientifique ? » En d'autres termes, à quoi sert-il de connaître les sciences ? Ont-elles une utilité dans la vie quotidienne ? Toutes les connaissances scientifiques doivent-elles être enseignées à tout le monde, ou y a-t-il des sciences réservées aux spécialistes et d'autres utiles à tous ?
- Cette première question en entraîne une seconde, qui a trait aux contenus de l'enseignement scientifique et plus particulièrement à la manière dont ils sont abordés en situation scolaire. Que faut-il enseigner et, surtout, comment enseigner pour que les sciences deviennent des savoirs opératoires pour l'apprenant ?
- Les éléments de réponses que nous tenterons d'obtenir à ces deux premières questions nous forcerons à nous en poser une troisième : à qui l'enseignement scientifique est-il destiné ? A quel public s'adresse-t-on en tant qu'enseignant de sciences ? Nous verrons que cette troisième question recèle, elle aussi, de multiples facettes, et qu'il ne s'agit pas seulement de déterminer l'âge, le degré scolaire ou le milieu de vie des élèves –bien que ces facteurs interviennent de manière très importante- pour obtenir une réponse.

---

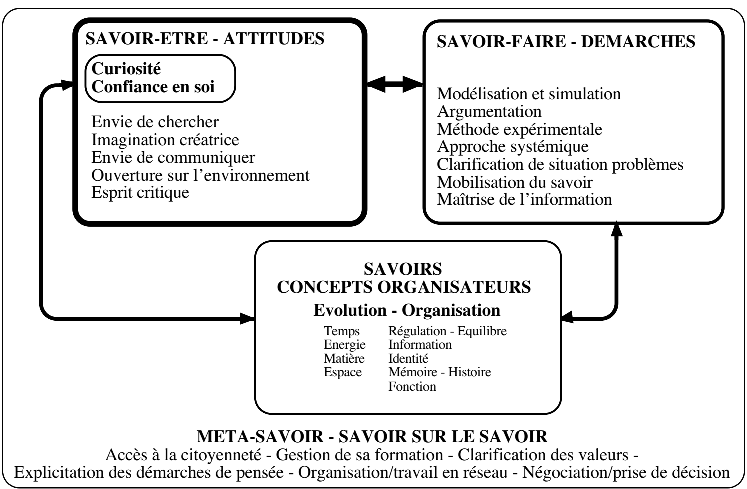
[1] Cet article a été présenté sous forme de conférence par Francine Pellaud dans le cadre d'un colloque organisé par la SOACHIM (Société Ouest Africaine de Chimie) à Bamako (Mali) en juillet 2001.

Le sujet est vaste et cet article n'est là que pour ouvrir le débat et proposer quelques éléments pour une réflexion globale sur ce sujet sensible, tout en sachant que, dès que l'on parle « enseignement », les solutions « clé en main » n'existent pas.

Pourquoi enseigner les sciences ?

Au delà de la motivation intrinsèque qui peut pousser un individu à devenir un « scientifique », nous serons tous d'accord pour admettre que les sciences et les techniques plongent de plus en plus au cœur de notre quotidien, ce qui peut constituer une source de motivation non négligeable… du moins pour l'enseignant, si ce n'est pour l'élève qui doit apprendre ! L'orage, l'arc-en-ciel, le cosmos, mais aussi des objets plus technologiques tels que la radio, la télévision, la voiture, le téléphone pour ne citer que les plus communs à notre vie sont là pour nous le rappeler. Ainsi, ne serait-ce que pour se passer d'un réparateur professionnel, une certaine connaissance de l'électricité, de la mécanique ou de la diffusion des ondes peuvent être des savoirs tout à fait pertinents à maîtriser. Mais au delà de ces approches très « terre-à-terre », très concrètes d'applications technologiques, il ne faut pas oublier que tous les débats actuels ont une forte composante scientifique. Vache folle, réchauffement climatique, désertification, pollutions de l'eau, de l'air, des sols, apparition de maladies nouvelles, telles que le sida, ébola ou les maladies nosocomiales, mais également des problèmes de sociétés tels que l'explosion démographique, l'exode rural, l'apparition de mégapoles, etc.

L'enseignement scientifique peut donc jouer un rôle extrêmement important pour nous permettre de comprendre notre environnement, proche ou lointain, les modifications qu'il subit, les enjeux qui s'y cachent, et surtout la place que chaque individu y occupe. Mais pour parvenir à un tel degré de compréhension, l'enseignement scientifique ne peut plus se résumer à une accumulation de connaissances notionnelles. En effet, si nous le limitons à cela, il y a tous les risques que les élèves ne puissent « décoder » l'ensemble de ces tenants et de ces aboutissants. Car ce décryptage tient d'avantage d'une manière de penser, de créer des liens entre des situations différentes qu'aux connaissances que l'on peut accumuler en certains domaines.



Ainsi, si certains « concepts organisateurs », points de repères de différentes bases de savoir indispensables pour structurer notre pensée et donner du sens au monde qui nous entoure sont indispensables, nous devons développer chez les élèves des

savoir-faire et des savoir-être qui leur permettent d'utiliser à bon escient ces connaissances, mais surtout de prendre assez de recul face à elles pour accéder à un « savoir sur le savoir », sorte de métacognition, qui leur permette de développer une attitude responsable vis-à-vis de leur utilisation, principalement technologiques, allant dans le sens d'une réflexion éthique et citoyenne.

L'amalgame entre chimie, biologie et physique, voire mathématique, sous le vocable de « sciences » est ici tout à fait volontaire. Pour prendre un exemple simple, nous avons pu constater qu'extrêmement peu d'élèves, même au niveau de l'enseignement supérieur, sont capables de percevoir les interactions qui font, par exemple, que la photosynthèse est un phénomène qui touche à toutes ces disciplines. Pour la majorité d'entre eux, ce dernier est essentiellement d'ordre biologique. Pourquoi ? Parce que c'est dans cette branche que cette notion est abordée, et qu'aucune situation n'est prévue pour l'en sortir, pour tisser des liens avec les autres disciplines. Et actuellement il est illusoire de croire que ceux-ci sont spontanément créés par les élèves.

Les interactions, un concept clé pour le XXIe siècle.

A travers ce simple exemple, nous comprenons que les sciences abordent un concept clé de ce nouveau siècle, celui d'interaction. Car ce qui fait la spécificité des savoirs d'une manière générale, et scientifiques en particulier, c'est avant tout les liens qu'ils développent entre eux.
Bien sûr, parler de ce concept à des chimistes est presque un affront, puisque toute réaction chimique n'est rien d'autre qu'une interaction entre deux ou plusieurs substances. Mais là encore, il serait intéressant de savoir combien, parmi les élèves, sauraient définir la chimie en ces termes ! Pourtant, tous ont déjà assisté à au moins une belle démonstration illustrant ce concept ! En disant cela, nous ne faisons que frôler un élément essentiel, celui des limites de l'enseignement des sciences tel qu'il se fait aujourd'hui.

Car, si ce constat relève bien évidemment d'un manque d'inter ou de transdisciplinarité, il provient également de la manière dont les sciences sont enseignées. Je ne m'attarderai pas sur la valeur des cours ex-cathedra durant lesquels un certain savoir est sensé être transmis à l'élève. Cette pédagogie, dite frontale, est idéale si :

- Les élèves se posent la ou les mêmes questions que l'enseignant.
- Qu'ils possèdent le même cadre de référence.
- Qu'ils ont la même manière de produire du sens.
- Qu'ils mettent derrière les mots la même signification[2].

---

[2] Pour en savoir plus à ce sujet, v. A. Giordan, *Apprendre !* Belin, 1998

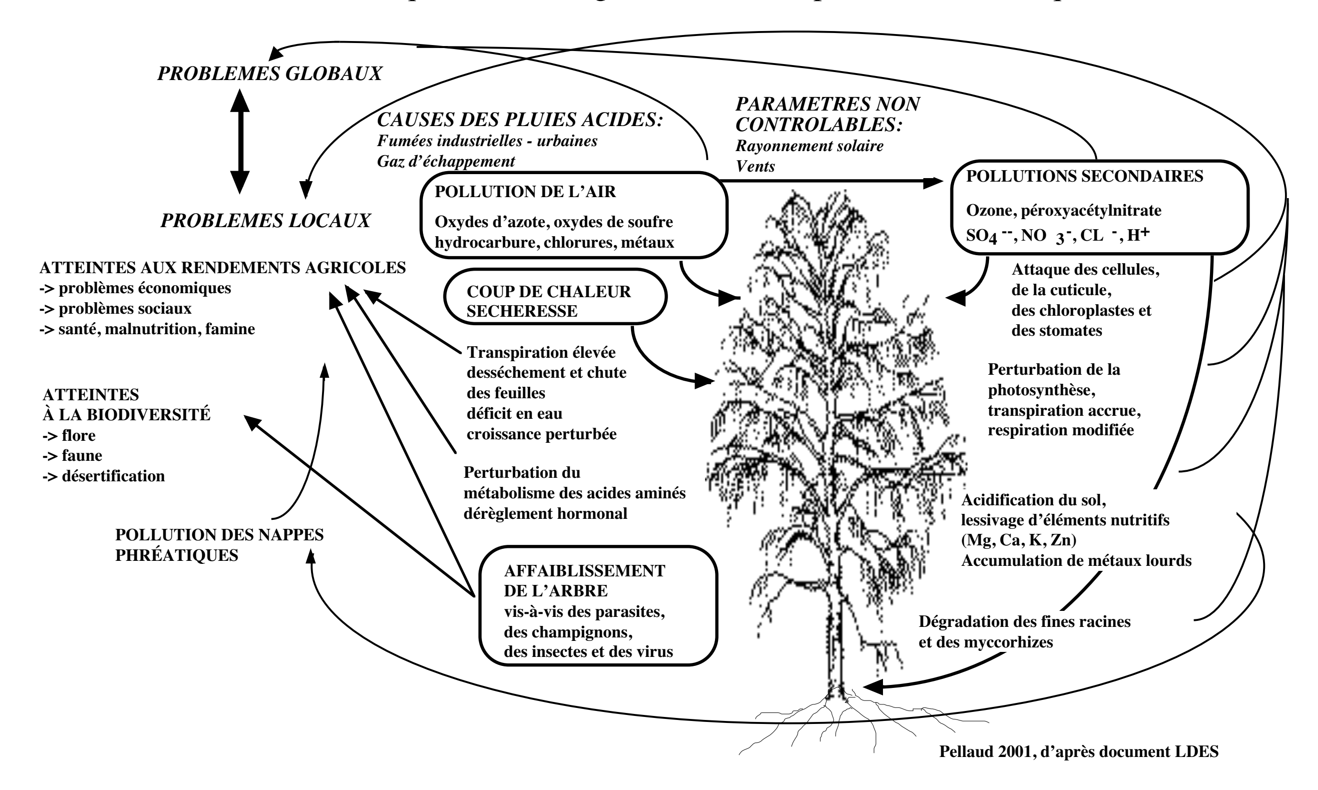
Si vous pouvez répondre sans hésiter « oui » à ces quatre propositions, alors la pédagogie frontale est la manière la plus simple de donner un maximum d'informations dans un minimum de temps, à un public très nombreux. Malheureusement, il faut bien avouer que ces conditions sont rarement remplies. Il en résulte un « plaquage » de savoirs que l'élève n'a que le loisir d'apprendre par cœur. Ainsi, bon nombre d'étudiants satisfont, ou satisferont, aux exigences en passant un brillant examen ou un concours, même pour entrer dans une prestigieuse école. Celui-ci réussi, la plupart d'entre eux auront tôt fait d'oublier ce qui aura été ainsi accumulé.

Mais le cours ex-cathedra ne s'arrête pas à la stricte utilisation de la parole. Il faut lui associer la démonstration faite par l'enseignant à l'ensemble du groupe classe. Ce n'est pas parce que l'apprenant « voit » qu'il comprend. Surtout que l'expérience n'est souvent que l'illustration de la parole du maître ou du manuel scolaire. Même les fiches dites « pédagogiques » qui fleurissent dans les écoles ne permettent pas d'aller beaucoup plus loin. Pourquoi ? Tout simplement parce que faire « mettre la main à la pâte » ne sert à rien si les neurones n'y participent pas ! Or, à partir du moment où l'élève lit un énoncé qui ressemble à s'y méprendre à un « mode d'emploi », on peut se demander à juste titre où se situent les questions fondamentales qui sont : « pourquoi je fais cette expérience ? », « quelle est son utilité ? », « à quelle question est-elle sensée répondre ? », « que me faut-il pour la réaliser ? ».
Car, pour reprendre l'exemple spécifique de la chimie, ce qui fait l'intérêt de l'expérience, ce n'est pas seulement la connaissance des produits que l'on va mélanger, la rigueur que nécessite leur manipulation, ni même celle que permet de développer une véritable approche expérimentale. Bien que ces paramètres ne doivent en aucun cas être négligés, il importe avant tout que l'élève se pose la question du « pourquoi » de l'expérience. A partir de ce moment-là, il ne peut plus être passif, cherchant simplement à répondre à un problème énoncé… et qui plus est, maintes fois résolu ! Dès lors, il devient « acteur », en cherchant à poser le problème, en le situant dans un contexte spatial et temporel, en comprenant sa portée, voire sa nécessité. Cet élément est primordial, non seulement pour le sens que l'élève va donner à l'expérience, mais également pour sortir l'approche scientifique de son cartésianisme primaire en même temps que de sa tour d'ivoire.

De l'approche expérimentale à l'approche systémique

Cet enjeu, s'il touche l'éducation scientifique, touche avant tout la recherche et donc la formation des futurs chercheurs. Un laboratoire n'est pas le monde. Les expériences qu'on y fait sont confinées à un environnement contrôlé, à des paramètres précis, sans qu'aucune interférence non prévue -en principe en tout cas- ne vienne troubler son bon déroulement. Par exemple, si nous cherchons à modéliser le phénomène des pluies acides, nous n'aurons aucune peine, en laboratoire, à en comprendre le principe. Dans la réalité, les multiples paramètres qui entrent en ligne de compte font que nous perdons rapidement le contrôle des événements.

Nous ne sommes plus dans une logique classique où une cause produit un, voire plusieurs effets. Causes et effets rétroagissent les uns sur les autres, amplifiant ou diminuant les conséquences, modifiant les réactions, rendant les variables rapidement incontrôlables, ceci d'autant plus que des paramètres extérieurs interviennent.
Pour continuer sur l'exemple des pluies acides, nous voyons que si les conséquences peuvent toujours se mesurer en termes de modifications chimiques, l'ensemble du processus participe à un enchaînement d'interactions qui déborde largement du cadre purement scientifique.



Dans de telles conditions, le cartésianisme disciplinaire n'a plus sa place, même si ponctuellement, il reste nécessaire. Une approche globale, systémique, incluant l'adoption de points de vue complémentaires est indispensable.
Car les pluies acides proviennent tout autant d'un développement économique, industriel et donc également social qui interagit avec des paramètres environnementaux, et dont les conséquences portent atteintes, tant à l'écosystème, qu'à la santé, aux coûts sociaux, et par conséquent à l'économie d'une manière générale. Les sciences, et la chimie dans ce cas particulier, ne peuvent faire l'économie d'une réflexion portant sur la place qu'elles occupent dans ce qu'il est aujourd'hui convenu d'appeler le développement durable[3].

---

[3] Pour donner une définition simple de ce concept je dirais qu'il s'agit d'un processus adaptable aux différentes cultures, tout en gardant un but universel de protection de l'homme et de son environnement dans des buts qualitatifs plutôt que quantitatifs. Il s'agit de tenir compte des implications écologiques, sociales et économiques qui sont

Or, il faut bien avouer que jusqu'à présent, si l'implication des sciences dans le domaine économique n'a jamais été remise en question, ses conséquences sur le développement social et environnemental n'ont pas fait l'objet d'une véritable réflexion.
La course à "toujours plus, toujours mieux" a dicté sa loi de manière quasi universelle. Il est donc temps que la science prenne conscience de ces interactions, et que ceux qui la font s'inscrivent dans une dynamique responsable face à ces multiples enjeux. Dans cette optique, la formation des futurs chercheurs en science est capitale, puisqu'ils vont être à la base de l'évolution et du développement des sciences et des techniques au niveau national et mondial.
Cette recontextualisation de la place des sciences et du savoir scientifique nous montre pourquoi la question du public auquel s'adresse son enseignement est également importante.

A qui s'adresse l'enseignement scientifique?

Parmi l'ensemble des élèves qui fréquentent l'école obligatoire, nombre d'entre eux ne deviendront jamais des scientifiques. Pourtant, tous reçoivent un enseignement similaire, dont les programmes, calqué sur les besoins de l'université, et autres écoles supérieures, proposent aux élèves une somme imposante de connaissances. En se rappelant que celles-ci évoluent, changent, se modifient, augmentent sans cesse est-il bien raisonnable de conserver comme objectif de l'enseignement la mémorisation de connaissances telles que les dosages acides-bases, pour ne prendre que cet exemple classique que l'on trouve au lycée?
Il faut donc se rendre à l'évidence. Nous avons dans nos classes une minorité de futurs chercheurs, et une majorité de simples citoyens pour lesquels les sciences ne seront ni la raison de vivre, ni le moyen de gagner leur pain quotidien. Par contre, tous ont en commun d'être des citoyens à part entière. Or, en tant que tels, il faut se rappeler que tous nos choix de vie touchent à des options technologiques ou scientifiques. Qu'il s'agisse de modes de transport -donc d'utilisation d'énergie et d'un certain type de technologie- d'alimentation -donc la promotion d'un certain type d'agriculture et d'économie- de loisirs, d'habitat, de style de vie, etc., chaque décision fonctionne comme une caution, un investissement, une promotion d'un certain type de développement, basé ou non sur une éthique et des valeurs.
Cette constatation ne dénigre pas l'acquisition de certaines connaissances. Celles-ci, comme nous l'avons déjà relevé précédemment, sont nécessaires pour comprendre certains phénomènes, ne serait-ce que celui de l'effet de serre ou la transmission du sida. Mais elles sont surtout indispensables pour permettre à l'individu de se questionner. Sans quelques connaissances de base, tout apparaît comme "magique" et la curiosité, base de l'esprit critique, disparaît au profit de croyances prêtes à tout "expliquer".

---

indissociables de toute action ou activité humaine, quelle qu'elle soit. La science y est donc interpellée en première instance.

COMMENT ENVISAGER UN ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE ADAPTE A CE CONTEXTE ?
Rendre l'enseignement plus efficace passe par la prise en compte des conceptions des élèves. Mais qu'est-ce qu'une conception ?

Une conception, c'est en même temps une image mentale et le mode de raisonnement qui l'accompagne et qui, ensemble, permettent à l'individu de donner du sens au monde qui l'entoure. Ces conceptions, qui sont nos propres modèles explicatifs interviennent souvent comme des « filtres » réducteurs. Dès lors, l'apprenant « interprète » le savoir divulgué, l'adaptant en quelque sorte à sa propre manière de produire du sens. Pour pallier à cette situation il faut tout d'abord prendre le temps de connaître les conceptions des élèves, puis organiser son enseignement en vue de transformer ces dernières. Inspiré du modèle d'apprentissage dit « allostérique », cet article propose quelques éléments susceptibles de rendre l'enseignement plus efficace. Pour cela, il faut se rappeler que, si seul l'élève peut apprendre, il ne peut apprendre seul. L'enseignant a donc une place fondamentale, non plus en tant que « transmetteur » de savoirs, mais en tant qu'organisateur des conditions d'apprentissage.

POUR TRANSFORMER SES CONCEPTIONS, L'ELEVE DOIT :

A. TROUVER UN SENS AU SAVOIR
C'est-à-dire que le savoir doit être contextualisé. Pour cela, diverses pistes sont possibles. Par exemple, l'enseignant peut partir d'un événement de l'actualité en commençant par la lecture d'un article de presse ou le visionnement d'une émission de TV. Il peut également faire appel à l'histoire des sciences, ce qui situe le savoir dans son contexte social et temporel, redonnant à la « découverte » sa véritable dimension. Mais il peut également partir de la simple observation de phénomènes quotidiens.
Il faut également questionner et interpeller l'élève. Pour ce faire, une expérience surprenante, comme les expériences contre-intuitives, peuvent faire l'affaire.
D'une manière plus générale, nous pouvons dire que l'élève doit se sentir concerné par l'apprentissage, car s'il ne l'est pas, il ne sera pas motivé à apprendre. Et la motivation est la base de tout le processus lié à l'acte d'apprendre.

B. ETRE PERTURBE, DESTABILISE, CONFRONTE A D'AUTRES REALITES
Ces données sont importantes car, comme les conceptions sont les seuls « outils » que l'élève a à sa disposition pour comprendre le monde qui l'entoure, il s'y accroche fortement. Il doit donc être mis dans une situation qui lui permette de voir les limites de son propre raisonnement. Ce n'est que dans ces conditions qu'il verra la nécessité de transformer ses anciennes conceptions pour de nouvelles, plus opératoires. Pour ce faire, des situations de confrontations sont tout à fait favorables. Confrontations entre pairs lors de débat, de situations où l'élève est amené à défendre ses idées, à argumenter, mais aussi confrontations ave c le réel à travers des expériences qu'il réalise lui-même ou des démonstrations (là aussi, l'expérience contre intuitive peut denouveau jouer ce rôle), et enfin confrontation avec le savoir, notamment à travers les médias, les manuels, des rencontres avec des scientifiques, etc.

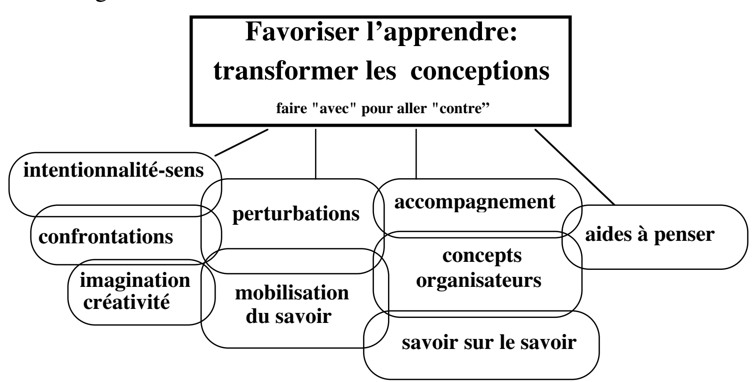
C. ETRE ACCOMPAGNE POUR ACQUERIR UNE CONFIANCE EN SOI
La confiance en soi ne peut s'acquérir qu'à travers l'établissement d'une relation saine entre enseignant et enseigné et au sein du groupe classe. Tout comme la perturbation, un équilibre doit être trouvé. Dans un cas comme dans l'autre, trop ou trop peu de perturbation et d'accompagnement peut bloquer le processus d'apprentissage.
Pour permettre l'établissement d'une relation de confiance, nous pouvons néanmoins relever quelques paramètres importants. Le premier est la possibilité pour l'élève de s'exprimer sans risque de jugement. Rien de pire pour un élève que d'entendre les rires moqueurs de ses pairs ou, pire, de son enseignant suite à une question ou une explication donnée ! Le second est le droit à l'erreur. Une erreur n'est pas un échec, et comprendre d'où vient celle-ci est souvent bien plus porteur que la réussite dès le premier essai… et donc souvent par hasard ! Enfin, troisième paramètre, l'évaluation. Plutôt que de proposer systématiquement des évaluations sommatives, axées principalement sur la mémorisation de notions, travailler sur la base d'évaluations formatives, voire d'auto-évaluations peut s'avérer très porteur.

D. ETRE CONFRONTE A UN ENVIRONNEMENT DIDACTIQUE VARIE ET ADAPTE
Par environnement didactique, il faut comprendre l'ensemble des « outils » et des approches pédagogiques. Les outils sont tous les supports qui complètent l'enseignement dispensé. Vidéos, manuels, films, articles, journaux. Internet, expériences, animations, musées, expositions, rencontres, etc. font donc partie des outils. Quant aux approches pédagogiques, plusieurs ont déjà été mentionnées précédemment. Travaux de groupe, débats, recherches personnelles d'informations, créations de dossiers individuels ou de groupes sur un thème particulier, etc. l'important est d'offrir aux apprenants des approches permettant d'accéder à des modes de raisonnement aussi différents que le permet par exemple l'approche systémique par rapport à l'approche analytique.

E. POUVOIR MOBILISER SON SAVOIR, L'ARTICULER AUTOUR DE CONCEPTS ORGANISATEURS

Pour qu'un savoir devienne réellement opérationnel, l'apprenant a besoin de « l'utiliser ». A l'enseignant de lui offrir des situations dans lesquelles il puisse le réinvestir. Ce réinvestissement permet souvent à l'apprenant de tisser des liens entre les savoirs et les disciplines et de comprendre les interactions en jeu. Différentes approches pédagogiques permettent de mettre l'élève en situation de réinvestissement. L'organisation d'une exposition destinée aux parents ou à d'autres classes ou écoles, la mise sur pied par l'élève d'un cours, d'un atelier ou d'une expérience destinée à ses pairs, l'organisation de séminaires, la possibilité de publier un article, même si ce dernier est réservé à une diffusion restreinte. Pour les écoles bénéficiant d'un matériel audiovisuel ou d'un accès à internet, la création d'un court-métrage ou d'un site web peuvent également représenter des moyens de réinvestissement des savoirs intéressants. Relevons encore que cette mobilisation se fait d'autant plus facilement que l'élève met en relation les connaissances acquises avec des « concepts organisateurs ».

L'importance d'une telle approche réside surtout dans l'autonomie qu'acquière l'apprenant face à son propre apprentissage. Cette autonomie devrait l'aider à développer un esprit critique en même temps qu'une imagination créative capables de dépasser les modèles proposés, non seulement par l'enseignant, mais par la société d'une manière générale.



Environnement didactique favorisant l'acte d'apprendre
Giordan - Pellaud, 2001

En outre, tous les paramètres développés ci-dessus ne sont efficaces que mis en interactions les uns avec les autres, car c'est dans la diversité que l'apprenant a le plus de chance de construire son propre savoir. C'est pourquoi le modèle allostérique se présente non pas dans une forme linéaire, mais sous celle d'un « conceptogramme », un outil fort utile pour développer la pensée systémique et l'approche globale et complexe que nécessite les problèmes actuels.

Pour en savoir plus :

Giordan, A *Apprendre !* Belin, 1998

De Vecchi, G et Giordan, A, *L'enseignement scientifique: Comment faire pour que "ça marche"?* , Z'éditions, 1988

Giordan A., Pellaud F. The state of science teaching in*The callenges of science education*, Council of Europe, 1999

Pellaud F. Redefining science teaching with a veiw to citizenship ducation in*The callenges of science education*, Council of Europe, 1999